



일본 북해도지역 바이오매스 이용에 관한 사례 연구

육혜영, 이명규[†]

한림국제대학원대학교 국제관계학과 일본전공, 상지대학교 이공과대학 환경공학과[†]
(2009년 6월 3일 접수일, 2009년 6월 13일 수정일, 2009년 6월 16일 채택일)

A Study on Biomass Utilization Strategies of Hokkaido Prefecture in Japan

Hye-Young Yook, Myung-Gyu Lee[†]

Dept. of International Relations for Japanese Studies, Hallym Institute of Advanced International Studies, Seoul, Korea., Dept. of Environment Engineering, sangji university, wonju-si, korea[†]

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the integrated biomass strategies for utilization and application characteristics in Hokkaido prefecture, japan. From the results, to achieve a successful operation of biomass recycling facilities, it previously needs the effective byproduct supplying construction system for field demander as well as the advanced environmental technology introduction. Especially, the value-promotion recycling technology were requested as follows; (1) production of functional solid composting for protection soil acidification, (2) the addition of soil microorganism to the production of liquid fermentation fertilizer, (3) construction of diverse energy supply system, (4) mixed organic material fermentation process concerning on heavy metal concentration, (5) introduction of incentive garbage collection system for contaminants prevention.

Keywords : Biomass, Hokkaido, Feed, Composting, Biogas, Land application

초록

본 연구는 북해도지역에 있어서 바이오매스 종합전략의 지역적 적용특성을 조사 한 것이다. 북해도 연구사례는 성공적인 유기성폐자원의 운영을 위해서는 기술의 선진성 뿐만 아니라 처리 후 부산물 자원의 부가가치 있는 효과

[†]Corresponding author: mglee@sangji.ac.kr

적인 공급체계 구축이 매우 세밀하게 치밀하게 수요자 중심으로 사전 수립되어야 한다는 점을 시사하고 있다. 특히 자원화기술로는 (1)토양산성화 방지용 기능성 고품비료의 생산, (2)토양미생물 투입 발효 액비 제공, (3)에너지의 다양한 공급 시스템 구축, (4)중금속 농도를 고려한 유기물의 혼합 발효처리, (5)협잡물 혼입을 억제하기 위한 음식물 수거 인센티브제도 도입 등이 효과적임을 보고하고 있다.

핵심용어 : 바이오매스, 복해도, 사료화, 퇴비화, 바이오가스화, 농지환원

1. 서론

현재 인류의 생산, 소비 패턴은 화석연료를 채취하여 생산과 소비 활동에 이용한 후에 고품물은 폐기물로 방치되거나 분해 소각 되어 CO₂와 물로 분해된다. 이 결과 대기 중이나 해양 안에는 CO₂가, 지표에는 폐기물이 축적되어 가게 된다. 결국 화석 연료를 소비하여, 지구 환경에 CO₂와 폐기물을 방출시키는 일방통행으로 지구환경을 악화시켜, 온실효과에 의한 지구온난화 등을 야기 시켜 왔다.

이와같은 일방통행식 바이오매스의 관리방법을 개선하기 위하여 선진 각국은 환경정책에서 바이오매스 자원을 유용하게 이용하여 자연에 되돌린다는 개념의 자원순환형 환경정책과 경제적으로는 새로운 환경조화형 산업의 시장창출이라는 패러다임을 등장시켜 환경과 경제의 양립이라는 관점에 주목하고 있다.

바이오매스 이용은 국가적 차원, 기업, 소비자가 환경 배려에 가치를 찾아내어 비용부담을 감수함으로써 새로운 환경조화형 산업, 기술, 제품개발, 비즈니스모델 창출, 노하우의 축적, 고용창출 등에 따른 새로운 시장의 창출효과가 있다. 바이오매스 이용을 통한 시장창출은(강창용, 2006) 다음의 몇 가지로 나누어 볼 수 있다¹⁻⁴⁾. 1. 에너지 이용 형태의 변화에 의한 새로운 시장 창출, 2. 자동차용 화석 연료에 대한 신 시장 창출, 3. 바이오 리파이너리(refinery, 정유공정)를 이용한 거대 천연소재 신 시장 창출, 4. 해외시장 창출 : 바이오매스 대상 시장의 글로벌화

본 연구에서는 이와 같은 환경배려를 통한 순환형 사회 구축과 생산, 소비의 새로운 시장 창출을 통한 경제적 소득 측면의 양립을 위한 일본 바이오매스정책에 있어서 특히 복해도 지역에서 바이오매스이용의 대부

분을 차지하고 있는 유기성폐기물 (축산분뇨, 하수오니, 음식물쓰레기)의 대상폐기물을 중심으로 한 운영 사례를 조사, 분석함으로써 복해도 지역의 다양한 유기 자원의 이용기술과 체계적인 운영 경험이 주는 시사점을 도출하고, 이를 통해 우리나라 현실에 적합한 바이오매스 이용 방법을 모색함에 있다.

2. 연구방법

2.1 연구방법

본 연구는 일본 복해도 지역을 중심으로 한 바이오매스의 이용 사례를 처리 대상폐기물 관점에서 접근하여 그 운영사례의 특성을 자료를 중심으로 분석하였으며 그 기간은 2000년 이후의 최근자료를 대상으로 하였다. 본 연구의 주요 내용은 대상폐기물별로의 처리과정과 이용에 대한 공정의 타당성과 평가를 자료 중심으로 분석하였으며 각 처리의 주요공정은 퇴비화, 액비화, 사료화, 바이오 가스화 등이다.

2.2 자료수집

자료의 수집은 국내 학술지, 정부 보고서, 심포지엄 자료, 정부출연 연구소의 연구보고서 및 일본 정부보고서, 일본 국내 대학학술지, 일본 복해도 현지 운영 연구 자료, 인터넷 자료 등을 통해 수집하였다.

일본 관련 자료 가운데 주요 연구보고서는 2002년 바이오매스 일본종합전략 및 2003년 복해도 특장개발 사업 추진조사(국토교통성 복해도국 조사)를 이용하였으며 해외 현지 출장 조사 등 연구조건이 충분치 않아 자료만으로는 한계가 있었으나 최신의 국내외 다양한 관련 자료를 수집, 인용함으로써 현장사례조사에 대한 한계를 극복하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 일본의 바이오매스 전략

"바이오매스 일본 종합전략"은 일본 문부과학성, 농림수산성, 경제산업성, 국토교통성, 환경성이 공동으로 책정하였으며 중요배경으로 다음 4가지를 들 수 있다⁵⁾. 첫째, 지구온난화 방지를 위한 교토의정서 발효에 따라 기준년도(1990년)의 온실가스 배출량의 6%를 제 1 약속기간(2008년~2012년)에 달성하여야 하나, 2003년의 배출량은 기준년에 비해 8.3%나 증가하여 실제 삭감약속과는 달리 14.3%로 늘어나 있고, 둘째, 지금까지의 대량생산, 대량소비, 대량폐기의 일방통행식 시스템에 대하여 바이오매스 이용 및 활용을 통한 순환형 사회 형성 기본법이념을 실천할 수 있고, 셋째, 바이오매스 관련 산업을 일본의 전략적 산업으로 육성하여 산업경쟁력을 재구축할 수 있으며, 넷째, 농업 및 어업 등의 지금까지의 식료공급의 역할 뿐만이 아니라 에너지나 공업제품의 공급이 가능하므로 도시와 농어촌의 공생교류가 자연스럽게 촉진되어 지역의 활성화가 기대되어짐에 있다⁶⁾.

3.1.1 바이오매스 활용 상황

일본에 있어서 개별 바이오매스 이용 및 활용 상황은 다음과 같다.

가축 배설물은 연간 발생량 약 9,100만 톤 중 약 80%가 이용되고 있으나 그 대부분은 퇴비 등의 비료로서 이용 되고 있다. 식품폐기물은 약 1,900만 톤 발생하고 있는 것으로 추계되나, 이 중 비료나 사료로 이용되고 있는 것은 10% 정도에 그치고 있고 나머지 90%는 소각, 매립하여 처리하고 있는 것으로 추계되고 있다. 종이 소비량은 약 3,100만 톤으로 이 중에 반 이상이 리사이클 되고 있으나 나머지 1,400만 톤이 현종이로 회수 되지 않고 그 대부분이 소각 되고 있다. 하수오니는 연간 발생량 7,600만 톤(농축 오니 베이스) 중 약40%가 매립되고 있고 나머지 약 60%가 건설 자재나 퇴비로서 이용되고 있다. 또한 농업 취락 하수오니의 일부가 퇴비로서 이용되고 있는 외에는 분뇨, 오니의 연간 발생량 약 3,200만 톤 중 대부분이 소각

매립되고 있다. 목질계 폐목재: 미 이용재인 제재 공장 등의 잔재(연간 발생량 약 610만 톤)는 거의 에너지나 비료로서 재생 이용되고 있으나 간 벌재, 임지잔재(연간 발생량 약 390만 톤) 대부분과, 이후 발생량 증가가 예상되는 건설 발생목재(연간 약 480만 톤)의 약 60%가 미 이용 되고 있다. 그 외 벚집, 왕겨 등의 농작물은 연간 발생량 약1300만 톤 중 약30%가 퇴비, 사료, 축사 깔짚 등으로 이용되고 있으나 발생하는 벚짚의 약 70%가 농지에 갈아 넣는 등 대부분 낮은 이용율에 그치고 있다.

3.1.2 바이오매스 이용 및 활용 기술 전개방향

바이오매스를 에너지화 또는 제품으로 변환하는 이 활용 기술에는 이미 실용화 되어 있는 것에서부터 개발단계의 것까지 완성도가 다른 다양한 기술의 방향성을 볼 수 있다.

(1) 효율 높은 수집, 변환기술의 개발, 실용화

바이오매스의 효율적 추진을 위해서는 경제성 향상을 도모하는 것이 매우 필요하며 이를 위해서는 수집·변환 효율성이 높은 기술과 바이오매스 자원의 수집·운반을 효율적으로 운용하는 물류 시스템을 개발, 실용화하는 것이 극히 중요하다.

(2) 바이오매스 리파이너리(refinery) 구축

이용자의 다양한 요구에 따른 대응과, 바이오매스 유래의 에너지 제품의 폭넓은 용도 이용을 실현하기 위하여 바이오매스로부터 얻어지는 연료나 물질의 다양화, 고부가 가치화에 관하여 대책을 수립하는 것이 필요하다. 이를 위해 에너지, 혹은 제품으로 활용할 수 있도록 바이오매스를 다종다양한 연료나 유용 물질로 체계적으로 생산하는 바이오 리파이너리의 구축이 유효한 수단이다.

(3) 바이오 캐스케이드(cascade)적 이용

바이오매스를 자원으로써 충분히 활용하기 위해서는 원칙적으로 바이오매스를 즉시 연소하여 CO₂로 되돌리지 않고 제품으로서 가치가 높은 순서로, 가능하면 길게 반복 이용하고 최종적으로 연소시켜 에너지로서 이용하는 것과 같은 캐스케이드적인 이용이 개개의

기술개발의 추진과 더불어 요구된다.

(4) 타 분야와 연계된 주변기술의 개발

바이오매스 변환기술의 실용화를 위해서는 장래 기술 개발에 연결되는 기초 연구의 추진과 동시에, 생명과학, 시스템 공학을 비롯한 공학계와의 연계, 활용 촉진을 위한 사회 시스템이나 경제성 평가 등의 인문, 사회과학 분야와의 연계, 바이오테크놀로지, 나노 테크놀로지 등의 첨단 기술연구 분야와의 연계, 산학관의 협력적 네트워크 등 다방면의 식견을 종합적으로 활용하면서 기술의 개발 및 실용화를 진척시켜 나가는 것이 매우 중요하다.

3.1.3 바이오매스 일본 실현을 위한 구체적 목표

“바이오매스. 일본”의 조기 실현을 위하여 관계자와의 대응을 촉진하는 것과 동시에 실현정도를 평가하기 위한 지표로서 구체적인 목표를 제시하는 것이 중요하다. 이 목표에 있어서는 에너지 가격이 장기에 걸쳐 예측이 곤란하며, 산업계가 바이오매스 활용에 대한 투자를 하는 경우 참고로 하는 것으로 하여 교토의정서의 제1 약속 기간의 중간인 2010년을 목표로 함과 동시에 바이오매스 이. 활용의 진척 상황과 경제적 사회적 변화가 있을 시에는 적절히 재검토 하는 것으로 하고 있다.

“바이오매스. 일본”은 국민적 이해의 조성, 바이오매스 시스템 전체의 설계, 지역에 있어서의 창의적 연구로 2010년 까지 바이오마을 600 시군구 지정 예정의 바이오매스 타운 사업구상, 이에 따른 관계자의 역할 분담과 협조, 바이오매스 사업에 있어서 민간 사업자의 경쟁조건의 정비, 국제적 시점의 고려 등 “바이오매스. 일본” 실현을 위한 기본 전략으로 추진해 나가고 있다.

3.2 북해도 바이오매스 자원 순환형 운영 사례

3.2.1 음식물 쓰레기

(1) 中北 3지구 음식물쓰레기의 바이오 가스화(메탄가스) 시설

- 中北 소라치(空知)의 개요

북해도는 1997년 12월에 북해도 전지역을 32 블록으로 하는 쓰레기 처리 광역화계획을 책정하여 실시하고 있다. 그 중 中北 소라치는 北空知, 中空知, 南空知의 3지구를 가리키며 전체적으로는 深川市, 砂川 등 6市 10町로 구성되어 있다. 북해도의 중앙부에서 약간 서쪽 방향에 위치하고 있는 소라치 지방은 동서 약 70km, 남북 약 180km 에 이르는 광대한 내륙지대로, 명칭에 川이 붙는 시. 정. 촌이 많음에서 알 수 있듯, 농업과 석탄을 기간산업으로 발전해 왔다. 농업은 현재 경지면적의 약 5할을 차지하는 농농사 이외에도 지역 조건에 맞는 야채, 화훼 등의 여러 농업이 전개 되는 지역이라는 점에서 자원화산물의 이용과 순환이라는 점에서도 효율적으로 이용한 사례라 할 수 있다. 北空知, 中空知, 南空知의 3지구는 인구 약 18만명(북소라치지구 40,421명, 중소라치지구 93,428명, 남소라치지구 41,261 명) 소재인 농촌지역으로 주로 가정용 음식물 쓰레기를 수집하여 메탄가스를 생산 이용하는 사례를 고찰 하였다[Table 1], [Table 2], [Table 3]^{7~9)}.

- 3지구의 운전 상황

시설 운전은 북지구, 남지구가 각 1년, 중지구가 8개월간의 운전 기간으로 비교적 단기간이므로 이후 데이터수집, 해석이 필요하나 현재까지의 것을 요약하면, 3지구 모두 주로 가정용 음식물 쓰레기를 처리하므로 연간 쓰레기 처리량 변동은 크지 않다. 바이오가스 발생량, 발전량의 연간 변동도 크지 않다. 쓰레기 1t 당 바이오가스 발생량은 112~156m³/t 으로 3시설에서의 큰 차이는 (시설규모, 발효방식, 고온, 중온의 차) 없다. 쓰레기 1t 당 발전량은 167~236 kw/h/t 으로 중지구가 제일 큰 수치를 보이나, 이것이 규모에 의한 장점인지는 이후 데이터 수집과 해석이 필요하다. 북해도 中北 소라치 블록 3지구는 전국에서 처음으로 일반폐기물인 음식물 쓰레기의 바이오가스화를 도입하였고 2004년 3월 까지 가동 현황, 바이오가스 회수율 등을 보면 계산치보다 높은 실적을 보여 쓰레기 메탄가스 회수 시설은 유기성폐기물의 자원화 시설로 실용적이며 앞으로 유망하다고 할 수 있다.

[Table 1] Methane Biogas Production Facilities (Kita-sorachi)

| 항 목 | 내 용 |
|----------------|-----------------------------------|
| 시설명칭 | 북소라치 위생센터 |
| 설치주체 | 북소라치 위생센터 조합 |
| 소재지 | 深川市1863번지 |
| 사용 개시일 | 평성 15년 (2003년) 4월 1일 |
| 건설비 | 929백만 엔 (국고보조금 148백만 엔 포함) |
| 처리방식 | 고온발효방식 |
| 발효조 | 콘크리트 사각 발효조 |
| 처리능력 | 16톤 1일 |
| 대상폐기물 | 음식물쓰레기(가정용, 사업계) |
| 수집운반형태 | 플라스틱 봉지수집 |
| 계획발생 가스량 | 1,643m ³ /일(메탄가스농도60%) |
| 계획오니(퇴비)발생량 | 탈수오니 4.5t/일 |
| 발생가스 사용용도 | 발전(장내이용), 열 이용(장내) |
| 오니(퇴비)사용용도 | 장래검토 |
| 잔사(플라스틱 등)처리방법 | 비닐류: 가연쓰레기 처리 섬유계: 매립처리 |
| 배수처리방법 | 막분리처리 후 하수도 방류 |
| 탈취처리방법 | 알칼리 세정 후 대기 방출 |
| 주변 환경대책 | 탈취처리 설비로 주변 환경 배려 |

[Table 2] Methane Biogas Production Facilities(Chu-sorachi)

| 항 목 | 내 용 |
|--------------|-------------------------------------|
| 시설명칭 | 중소라치 위생시설조합 리사이클 |
| 설치주체 | 중소라치 위생시설조합 |
| 소재지 | 동천시 760-1 |
| 사용개시일 | 평성 15년 (2003년) 8월 1일 |
| 건설비 | 1722백만 엔 (국고보조금 297백만 엔) |
| 처리방식 | 중온발효방식 |
| 발효조 | 원통형 BIMA 발효조 |
| 처리능력 | 55톤/일 |
| 대상폐기물 | 음식물쓰레기(일부사업계일반폐기물(농업잔사)) |
| 수집운반형태 | 플라스틱 봉지수집 |
| 계획발생가스량 | 4,762m ³ /일 (메탄가스농도 60%) |
| 계획오니(퇴비)생성량 | 퇴비량 4.6m ³ /일(함수율40%) |
| 사용용도 | 발전 열이용 (난방, 퇴비건조 등) |
| 오니(퇴비)사용용도 | 발아시험, 비효시험 실시 |
| 잔사(플라스틱)처리방법 | 가연쓰레기로 처리 |
| 배수처리방법 | 생물탈질처리 후 하천방류 |
| 탈취처리방법 | 생물탈취 + 약액처리 + 활성탄 |
| 주변 환경 대책 | |

[Table 3] Methane Biogas Production Facilities(Minami-sorachi)

| 항 목 | 내 용 |
|--------------|------------------------------------|
| 시설명칭 | 지구 보건위생조합폐기물처리시설 |
| 설치주 | 砂川지구보건위생조합 |
| 소재지 | 砂川市127번지 6 |
| 사용개시일 | 평성 15년 (2003년) 4월 1일 |
| 건설비 | 957백만 엔 (국고보조금 149백만 엔 포함) |
| 처리방식 | 고온발효방식 |
| 발효조 | 원형 발효조 |
| 처리능력 | 22톤/일 |
| 대상폐기물 | 음식물쓰레기(가정용만) |
| 수집운반형태 | 플라스틱봉투수집 |
| 계획발생가스량 | 3,040m ³ /일(메탄가스 농도60%) |
| 계획오니(퇴비)생성량 | 탈수오니로 쓰레기양의 5%정도 상정 |
| 발생가스 사용용도 | 발전, 열 이용(발효조가 온, 난방) |
| 오니(퇴비)사용용도 | 와인용 포도밭에서 이용신청 |
| 잔사(플라스틱)처리방식 | 가연쓰레기로 처리 |
| 배수처리방식 | 활성오니 막분리 후 하수도 방류 |
| 탈취처리방식 | 생물탈취 |
| 주변환경대책 | 반입도로 지정, 반입차량에서 쓰레기 비산방지 |

(2) 삿포로시 음식물 쓰레기의 사료화

- 삿포로시의 개요

아이누어인 “삿포로”는 (넓고 건조한 곳) 혹은 “사리. 포로. 켓” (커다란 습지가 있는 곳) 인 삿포로시는 북해도의 남서부에 위치하고 있으며 1960년에 100만 인을 돌파 확대해 나가 현재, 동서 40km 남북 약 45km 에 이르는 10지구로 나뉘어 저 있으며, 북해도 인구의 약 3할을 차지하는 약 185만 명이 살고 있다. 삿포로의 쓰레기 발생량은 가정용 488,173t 사업용 쓰레기 459,772t (2002년도)이다. 음식물 쓰레기는 시내 백화점, 슈퍼, 식품제조 공장, 학교, 병원 등 214 개소의 배출 사업소에서 발생한 음식물 쓰레기, 식품 잔사를 시내 특정 업자가 음식물 전용차로 수집하고 있으며 계획 처리량 50t/일, 계획 자원물량은 10t/일이다 [Table 4]¹⁰⁾.

- 삿포로시 음식물 쓰레기의 사료화의 의의 및 과제

삿포로시의 자원화 시스템이 성공한 주요인은 삿포로시의 관여로, 1996년 삿포로시에서 음식물쓰레기 사업으로 지원이 결정되면서 사업계 일반폐기물의 일

괄적 수집 운반과 삿포로시 환경사업공사의 설립과 삿포로 음식물 쓰레기 리사이클 센터 용지 취득 등 시의 관여가 자원화 사업 운영을 원활하게 한 요인으로 볼 수 있다. 또한 음식물 쓰레기 리사이클 센터의 사업 주체는 민간 회사로 자원화 원료가 되는 음식물 쓰레기는 삿포로시 환경 사업 공사가 수집 운반하여, 협잡물이 적은 음식물 쓰레기를 양적으로 안정적으로 확보가 가능하게 할 수가 있었다.

한편 삿포로 음식물 쓰레기 리사이클 센터에서는 분별 지도를 위한 매뉴얼을 정비하여 각 배출 사업자에게 분별에 있어서 철저한 의뢰를 행하였다. 또한 사료화에 적합한 협잡물이 적은 음식물 쓰레기를 보통 음식물 쓰레기보다 싼 수집 요금으로 수집하여 배출업자에게 경제적인 인센티브를 주어 가능한 한 많은 리사이클용 음식물 쓰레기가 모여지도록 하였다. 이후 70t/일 (연간 2만 톤)을 목표로 하고 있다. 생산된 자원화물은 전국 규모의 상사에 사료화 재료로 납품되며, 양돈, 양계용 혼합 재료나 애완견 사료 등으로 북해도 내외에서 널리 이용되어지고 있다. 자원화를 검토한 당초

[Table 4] Sapporo City Garbage Waste Recycling Facilities

| 항 목 | 내 용 |
|---------|-----------------------------------|
| 시설명칭 | 삿포르 음식물 쓰레기 리사이클 센터 |
| 설치주체 | 三造유기 리사이클 주식회사 |
| 사용개시일 | 평성 10년 (1998년) 1월 |
| 건설비 | 10.5억 엔 |
| 처리방식 | 유온감압탈수건조법 |
| 대상폐기물 | 삿포르 시내 사업계 음식물쓰레기 |
| 수집운반형태 | 음식물쓰레기 전용차 |
| 계획처리 량 | 50톤/일(16시간 가동) |
| 계획자원화 량 | 10톤/일(16시간 가동), 300일 가동 총량 3,000톤 |
| 자원화물 용도 | 사료, 비료원료 |
| 잔사처리 방법 | 협잡물은 처리총량의 2%, 배수량은 총 처리 수량과 동량 |

부터 자원화물의 공급처를 확보하여 자원화물의 축적 없이 상사에서 일괄적으로 운영하여, 자원화물의 유통이 원활하게 행해지고 있다.

현재는 배출사업자에게 분별을 철저히 의뢰하는 한편 협잡물 배제 설비(파쇄기)를 설치하고 있으나 협잡물의 혼합에 따른 제품의 생산성 저하는 사료화 원료 제조비용에 직접 영향을 주게 되므로 발생, 수집 단계에서 가능한 한 협잡물 혼합비율이 적어야 함이 매우 중요하다.

삿포르시의 음식물 쓰레기 자원화 시스템은 좁은 범위에서 많은 음식물 쓰레기가 집중되어 배출되어지는 형태로 성립되고 있어, 음식물 쓰레기의 이러한 안정적 확보가 중요한 과제라 볼 수 있다. 따라서 대도시에서 음식물 쓰레기가 집중적으로 발생하는 경우 효율적으로 수집 가능한 하나의 유효이용 예라 할 수 있다.

(3) 니세코정 음식물 쓰레기와 하수오니 퇴비화

- 니세코정 퇴비 센터 개요

니세코 퇴비센터는 “환경보전형 농업” 추진에 따라 발농사를 하는 지역에 있어서 유기성 자원의 지역내 순환을 장려하는 크린농법을 일찍부터 도입하여 가축분뇨 뿐만 아니라 음식물 쓰레기, 하수오니의 조합에 의한 지역 내 순환시스템 구축을 지향하고 있다는 특징을 가지고 있다. 니세코정 크린 농업 지역 순환체계는 농지를 중심으로 하는 생산물의 흐름으로부터 지역 순환 체계를 정리하고 있어, 순환 시스템의 열쇠인 퇴비센터

는 음식물 쓰레기, 하수오니를 처리가 아닌 자원화를 목적으로 퇴비화의 원료조건을 정리하고 있다는 점에서 퇴비화의 자원순환형 사례이다[Table 5], [Table 6].

- 니세코정의 음식물 쓰레기 하수오니의 퇴비화의 의의

음식물 쓰레기는 칼로리가 높아서 일차 발효조 중에서 발효가 끝나 분말 상태로 되는 등 퇴비화는 무리 없이 진행되어지나 증금속류의 잔류가 염려되어지는 것이 난점이다. 이에 퇴비이용농가의 입장을 배려하여 ‘음식물 쓰레기 단독이 아닌 가축 분뇨를 혼합하여 만든 퇴비’를 시험적 포장으로 살포한 후 추적 조사를 실시하고 있다. 특히 하수오니를 원료로 한 경우 발효는 단기간으로, 고 에너지를 가진 음식물 쓰레기와의 조합이 매우 바람직하다. 이 점으로부터 하수오니 혼합비를 1/2 이하로 한 초기 혼합과 수분조정에 유의함에 따라 충분한 발효와 퇴비자원화가 기대되어진다. 이러한 니세코정 사례는 가축 분뇨와 음식물 쓰레기, 하수오니를 일괄 처리 이용할 뿐만 아니라 이들 활동을 뒷받침 해주는 환경 기본 조건(가축분뇨, 음식물 쓰레기, 하수오니 등)을 책정함에 따라 활동의 지속적인 발전을 꾀할 수 있다는 특징이 있다.

3.2.2 하수오니

(1) 삿포르시 아쓰베츠(厚別) 하수오니 콤포스트화

- 삿포르시 아쓰베츠 콤포스트 공장 개요

[Table 5] Niseko-cho Composting Center Facilities

| 항 목 | 내 용 |
|-------------------|---|
| 원료 | 축분: 음식물쓰레기: 하수오니= 85:10:5 |
| 퇴비화 생산방식 | 전처리(혼합)⇒퇴적발효⇒교반발효⇒퇴적숙성발효 |
| 잡초종자, 유해 병원균 사멸대책 | 60~70℃ 발효과정을 통해 안전하고 깨끗한 퇴비제조 |
| 악취 및 오수대책 | 신속한 호기성 발효에 의한 악취없는 제조공정 |
| 퇴비제품품질 | C:N⇒20이하 수분:60%정도 유해물질: 하한치 이하 |
| 그 외 | 동절기「동결분」,「설빙」혼입대책 가능한 시스템, 동절기를 포함한 연간 안전가동으로 균일한 퇴비를 제조 |

[Table 6] Introduction on Niseko-cho Composting Center Facilities

| 항목·기능 | 개 요 |
|-------|--|
| 소재지 | 니세코정 |
| 관리운영자 | JA 농업협동조합 |
| 시스템 | 혼합: 전용혼합기 (1기) 전 처리: 퇴적발효 (6조, 통풍 에어레이션 기능) 1차 발효: 직선개방형각반로터리(2기4조, 통풍 에어레이션 기능) 이물질제거: 트롬멜 (1기) 2차 발효: 퇴적숙성발효 |
| 구조·능력 | 구조: 집약형 ,310일간 운전/1년 처리량: 원료9,579톤→퇴비 5,531톤 |
| 건설사업비 | 총사업비 614,670천 엔 (국고보조금 459,097천 엔, NPO 북해도 보조금 72,375천 엔 NPO 니세코정 부담금 36,187천 엔, 수익자 부담액 47,011천 엔) |

북해도 인구의 약 3할을 차지하는 약 185만 명이 살고 있는 삿포로시는 현재 中央區, 北區, 東區, 白石區 등 10구로 나뉘어져 있으며 이 중 아쓰베츠구(厚別區), 靑田區, 전역과 白石區, 豊平區 일부에서 발생하는 오수를 아쓰베츠 처리장에서 처리 하고 있다. 이 아쓰베츠 처리장에서 발생하는 탈수케익은 삿포로시 전체의 약 15~16%이며, 이 중 약 8~9%를 콤포스트화 하고 있다. 이 아쓰베츠 콤포스트 공장은 1982년 건설, 1984년 가동 개시한 전국에서도 오래된 하수오니 콤포스트화 시설 중 하나이다[Table 7]¹¹⁾.

아쓰베츠 콤포스트 공장은 아쓰베츠 처리장에서 발생한 농축오니를 염화제이철과 소석회로 가압 탈수 한 후 반 정도를 (2001년 53%)를 콤포스트화 하고 있다.

콤포스트는 원래, 都道府縣에 신고해야 하는 특수비료 였으나, 2000년 10월부터 농림수산성에 등록이 필요한 보통 비료로 구분되어 ‘오니발효비료’로 등록 되어 있다. 삿포로 콤포스트는 다소 석회성분이 많아, 산성 토양을 중화하는 토양개량제로 탁월하며, 야채, 화훼, 수목 등의 생육에 효과가 있으며, 중금속의 불용화에 유용하다.

- 삿포로시 예에서 본 하수오니 콤포스트화 성공 이유
삿포로시는 하수오니를 원료로 하여 콤포스트나 건설자재로 유효 이용 되어지는 제품을 이익추구를 목적으로 하지 않고 판매하는 공익성을 가진 조직의 필요성으로 1983년 ‘삿포로시 하수도 자원공사’를 설립하여 콤포스트 공장의 운전관리를 삿포로시에서 위탁받

[Table 7] Atsubetzu Composting Center Facilities

| 항 목 | 내 용 |
|--------|---|
| 시설명칭 | 아쓰베츠 콤포스트 공장 |
| 설치주체 | 삿포르시 |
| 사용개시 | < 분상시설 > 소화59년(1984년) 7월 < 입상시설 > 평성3년(1991년) 1월 |
| 시설규모 | 분상시설: 탈수오니 투입량 75톤/일, 입상공생산량 24톤/일 |
| 처리방식 | < 분상시설 > 1차발효조: 횡형회전식 2차발효조: 퇴적식 < 입상시설 > 전동식회전 드럼형, 회전드럼형 열풍식 |
| 자원화물용도 | 콤포스트(삿포르 콤포스트) |

아 콤포스트를 생산에서 판매에 이르기까지 일련의 흐름을 담당하고 있다.

당초, 탈수케익 직접 농지에 환원하기 위해 삿포르시 직원이 농지확보를 위해 농가를 방문하는 데에는 한계가 있어, ‘삿포르 콤포스트’라는 이름의 제품을 삿포르시 하수도 자원 공사와 농협 등의 연계로 판매 루트를 확립했다. 공사에서 농협으로의 농업용과 공사 직관 루트에 의한 일반 시민, 골프장, 공원, 녹지 등 공공사업용의 2가지 루트가 있다.

특히 하수오니의 녹 농지 이용에 있어서 합류식 하수도 오니는 우수에 따른 무기물 유입으로 유기물비율에 변동이 있으므로 제품 품질에 대한 안전성과 중금속 영향도 가능한 한 적게 하기 위해 합류식 하수도가 많은 삿포르시 중에서 일반 가정용 폐수가 대부분을 차지하는 분류식 하수도 후별 처리장 오니를 원료로 하였다.

‘삿포르 콤포스트’는 1986년부터 북해도 중앙 농업 시험장에 조사를 위탁하여 그 결과 1987년 호쿠렌(농협 북부 연맹) 지정 품목이 되었다. 이것이 농업 관계자에게 신뢰를 얻어 ‘삿포르 콤포스트’ 판매 이용에 매우 좋은 효과를 가져 왔다. 현재도, 농업이용이나 골프장 등 잔디 수목에 있어서 국가, 지방자치체의 공적 시험기관 및 대학 등에서 농지시용 시험을 계속하고 있다.

대량 구입자에게는 콤포스트 살포 기계를 무료 대여하여, 콤포스트 이용 촉진을 도모하고 있으며, 공사에서 농업개량보급원 등 OB직원을 채용하여 독자적으로

도양분석, PH, 양이온 교환 용량이 적은 농지에 시용량 등의 기술 지도를 하고 있다. 또한 기술지도, 하수도국, 공사 등 각각의 홈페이지를 통하여, PR활동을 계속하고 있다.

오니 콤포스트의 자원화, 유효 이용 사업을 성공하기 위해서는 ‘제품가치 향상’ ‘품질의 안정’, ‘적정 코스트’ ‘유통의 효율화’ ‘이용자 수요에 빠른 적응’이 중요하다. 아쓰베츠 콤포스트 공장의 경우는 주 이용자인 농업 관계자에게 신뢰성이 높은 기관에 성분 분석과 지속적인 조사 연구 그리고 공사의 설립과 활용 등이 순조로운 사업 경영으로 이어졌다 할 수 있다.

(2) 아바시리시(網走市) 하수오니의 퇴비화

- 아바시리시 개요

북해도 동부 오호츠크해에 접해 있는 아바시리시는 수산업, 농업을 기간산업으로 하는 관광지로서 많은 관광객이 방문하는 곳이며, 아바시리의 지명은 아이누어의 ‘입구의 땅’이라는 의미에서 변화된 것으로 해안에서 내륙으로의 입구로 중요한 위치라는 의미가 있다. 북해도에서는 하수오니 처분 량의 약 5할을 녹 농지에 이용하고 있으며, 하수오니 녹 농지 이용인 “아바시리시 콤포스트 야드”는 대표적인 예이다[Table 8]^{12,13)}.

아바시리시의 콤포스트 제조량은 연간 약 3600 톤으로 전량 유효하게 이용 되고 있다. 주로 1차 발효 후 농가에 넘겨지고 있으며, 4곳의 집단과 개인 농가 30곳이 이용하고 있고, 해마다 이용율이 증가 추세에 있다. 농가로 인계 할 경우 무료로 배분하고 있으며 농가

[Table 8] Abasiri-city Composting Yard Facilities

| 항 목 | 내 용 |
|--------------|--------------------------------|
| 운전개시 | 평성 9년(1997년) 9월 |
| 부지면적 | 2,000m ² |
| 총사업비 | 4억 엔 |
| 보조 | 보조금 2억2천만 엔 포함 |
| 연간가동일수 | 240일, 1일 8시간 가동 |
| 탈수오니 사용량 | 3,449톤 |
| 부자재 사용량 | 보리껍질 사용 345톤(오니1톤당 부자재0.1혼합) |
| 부자재 조달방식 | 매년 8월, 오니 콤포스트 이용 전 농가에서 모아 보관 |
| 퇴비제조량 | 3,574톤 |
| 콤포스트 제조 운전 등 | 민간회사 위탁 |

에서는 1차 발효 한 콤포스트를 자가 퇴비사에서 2차 발효 시키므로 각 농가마다 퇴비제조 상황에 따라 퇴비의 완속도에 차가 있다.

가정 원예용 퇴비는 연간 8톤 제조로 양은 적으나, 퇴비를 1, 2차 발효까지 시켜 완속 비료를 포장하여 2001년 가을부터 2회 봄, 가을로 시민에게 무상 이용된다.

아바시리시의 농업은 보리, 감자 등의 발작물 지대이며, 축산업이 적어 퇴비 원료가 부족하며, 하수도에 공장 폐수가 적어 오니 중의 유해 물질(중금속) 함유율이 적으며, 하수 오니의 소각, 매립 처리 비용과 비교하여 콤포스트 사업에 드는 비용이 적다. 이에 지자체측과 농가 측 모두 퇴비는 '성상 및 성분의 안정' 유해물질을 포함하지 않고 '양의 안정적 공급' '농지까지의 수송' '무상' 등의 조건이 있었기 때문에 농가에서의 이용이 쉬웠다.

하수 오니의 녹지 및 농지 이용을 하고 있는 지자체에서는 지붕이 없는 장소에서 단지 뒤집기 작업을 하여, 우천시 수분조정이 어렵다고 하는 사례가 있으나, 아바시리시의 콤포스트 야드는 지붕 부착 시설로 수분조정이 용이하다. 또한 하수 오니에 석탄회를 혼합하는 것은 수분 조정 뿐 만 아니라 악취 대책에도 도움이 되었다. 더욱이 전용 뒤집기 기기의 도입과, 뒤집기 작업을 민간에게 위탁하여 안정적인 운전과 그에 따른 퇴비의 질 향상 요인으로 이어졌다.

하수 오니의 유효 이용이라는 아바시리시의 콤포스트 야드는 발생한 하수오니 전량을 녹지 및 농지에 이용하고 있으며 퇴비의 질도 농가, 시민 모두 매우 호평하고 있어서 폐기물의 퇴비화사업은 퇴비제조에 있어서의 기술면 뿐 만이 아니라 지자체와 농가 간의 연계를 도모하기 위한 시스템 구축이 필요함을 알 수 있다.

(3) 에베츠시(江別市) 하수오니의 소화가스 유효이용 - 에베츠시 개요

이시가리(石狩)평야 중앙에 위치하는 에베츠시는 가장 높은 곳이 해발 93m로 기복이 적으며 평탄한 지형이다. 남서 고지대에서 북으로 이어지는 화산지대에는 비옥한 논과 낙농지대로 인구 집적지역으로서 발전을 계속하여 왔으며, 저지대 경작지에는 풍부한 농산물 생산지대가 있다. 삿포로시 중심부에서 약 15km 거리에 있는 에베츠시는 현재 인구 12만 3902명으로 증가 추세에 있다. 북해도 하수도처리시설에서는 소화가스 이용시설 25곳, 이 중 3곳에서 소화가스 발전을 실시하고 있다. '에베츠정화센터 소화가스 코제너레이션 설비'는 소화가스 발전 시설의 예이다[Table 9]^{14, 15)}.

코제너레이션이란 "Co (공동의) Generation (발생)"에서 유래한 대로, 하나의 에너지에서 복수의 에너지(전기, 열)를 끄집어내는 시스템으로 일반적으로는 도시 가스 등의 일차에너지를 전기나 동력, 온수, 증기 등의 복수 이차 에너지로 변환시켜 효율적으로 에너지를 이용하는 시스템을 코제너레이션이라 한다. 에베츠

시의 코제너레이션 시스템은 에너지원으로 소화가스에서 전기와 열 등의 2가지 이차 에너지를 얻을 수 있는 것이 가능한 설비이다.

에베츠시의 코제너레이션 설비는 2001년 4월 운전을 시작하여 큰 트러블 발생 없이 순조로이 운영을 계속하고 있으며 설치 초기에 1일 운전시간을 17시간에서 2002년 1일 평균 19시간으로 연장하여 운행하고 있다. 2002년에는 연간 약 178 만 kwh 전력을 회수하였으며, 전력 회수 량은 전동용을 포함한 처리장 전체 전력사용량(약 626만 kwh)의 28%를 차지한다.

코제너레이션 설비 도입 전에는 소화가스 이용률은 55%에 그쳤으나 도입 후는 소화조 가온용, 가스발전용, 장내, 실내 이용 등을 포함하여 95% 이용률이 되었다.

경제적으로 보면 정화 센터 전체 사용전력량과 소화가스 코제너레이션 시스템에 따른 전력량 차이를 산출, 전력 요금으로 연간 16,000천 엔이 절감되어지게 되었다. 더욱이 코제너레이션 설비에 드는 연간 유지관리비 약 4,800천 엔을 고려하면, 연간 약 11,000천 엔이 삭감되어진다.

에베츠시 하수오이의 소화가스 유통에 있어서 코제너레이션 시스템에서의 가스 발생량은 일 변동, 월 변동, 계절 변동이 있어서 가스 엔진을 정지시켜야만 하는 기간(동절기)중에는 회수 전력량이 감소하므로 이후 오니 처리량의 증가에 따른 발전기 가동률을 상승시켜 경제 효과를 높이고자 하며 오니로부터 고효율의 소화 가스를 회수하는 것이 이 후의 과제라 할 수 있다.

3.2.3 가축 분뇨

(1) JA 히가시모코토(東藻琴) 퇴비엑비센터 축산분뇨의 퇴비화

- 히가시모코토 촌 개요

2000년 현재 지역 총인구 2,869명 995세대. 산업은 기간산업인 농업의 조생산액이 63.5억엔, 2차 산업이 9.2억엔, 상업이 70억엔으로 농가 수는 176호. 이 중 가축사양 농가는 젖소 38호(4,100두), 식용우 26호(3,025두), 양돈10호(7,542두)이다. 축산물은 1996년에 유제품제조 개발시설인 “乳酪”을 중심으로 아이스크림이나 치즈, 버터 등의 가공품이 제조되며, 특히 아이스크림은 히가시모코토 농업 고교 학교 축제에서 시식회를 계기로 지역 특산물로서 공동 개발 되어 전국에서 예가 드문 ‘고교 축제에서 탄생한 아이스크림’으로 소비자들의 호평을 얻고 있다.

가축 분뇨는 도내 유기성 폐기물 발생량의 대부분(전국 유기성폐기물 중 동물분뇨 37%, 북해도 69.1%)을 차지하고 있어 가축분뇨의 적정처리 모색과 축산농가와 지역이 일환이 되어 추진해 나가야하는 것이 중요하여 그 일환으로서, ‘흙 만들기를 기본으로 한 크린 농업 전개’를 추진 하고 있다. 이는 지역 내 발작물 농가와 축산 농가의 연대 강화에 의한 유기성 자원의 지역 내 순환을 기본으로 한 ‘지역 독자적 흙 만들기 시스템’ 구축의 한 예이다. [Table 10]¹⁶⁾.

JA 히가시모코토 퇴비 엑비 센터는 시설 관리 및 퇴비제조를 지역 내 운송회사에 위탁 하여 농가 뿐 아니라 타 산업의 노동력도 활용하여 지역이 일환이 된 가

[Table 9] Comparison before and after on Co-generation Facilities

| | 도입 전 | 도입 후 |
|--------------------|-----------------|---------------------------|
| 코제너레이션 설비공사 사업비 | - | 72,000천 엔 |
| 소화가스 이용률 | 55% | 95% |
| 코제너레이션 설비발전량(연간) | - | 1,777,587 kwh/년 자가발전률 28% |
| 정화센터 전력사용량(연간) | 6,261,331 kwh/연 | 6,261,331 kwh/연 |
| 전력요금(연간) | 56,343천 엔/연 | 40,347천 엔/연 |
| 유지관리비(코제너레이션부분/년간) | - | 4,800천 엔/연 |
| 연간절감액 | - | 11,196천 엔/연 |

축분뇨 적정처리와 흙 만들기 추진에 노력하고 있다. 시설 연간 총 경비는 37백만 엔, 이 중 퇴비의 원료가 되는 가축 분뇨 구입비 20백만 엔, 수입은 제품퇴비 및 액비의 판매액과 축뇨 인수대금 21백만 엔으로 원재료 구입에 드는 비용을 제품 판매로 조달하고 그 외는 촌 및 JA의 부담으로 하고 있다.

“JA 히가시모코토 퇴비센터”의 연간 처리량은 원료 수입 12,000톤/년(제조 퇴비 8,000톤/년), “액비센터”에서는 원료 수입 3,000톤/년(제조 액비 3,000톤/년)으로 노동력 부족으로 축산 농가가 처리하지 못한 가축 분뇨를 JA가 구입하여 퇴비와 액비로 제조, 농가에 판매하고 있다. 센터에서 생산된 퇴비는 개별농가에서 자가 생산 퇴비와 함께 지역 내에서 경작되어지는 콩, 감자, 마, 양파 등에 사용 되는 등 발작물 경작농가에서 짠 가격으로 완숙 퇴비를 구입할 수 있게 되었다. 퇴비 액비의 살포도 JA(일본 전농)에서 위탁 실시하고 있어 축산 농가에 있어서 가축분뇨 처리 노력의 경감과 유기물사용으로 흙 만들기 축진이 추진되어지게 되었다.

“JA 히가시모코토 퇴비 액비 센터”에서는 가축 뇨의 무해, 무취화 처리를 위해 토양균을 활용하여 액비를 제조, 원료 퇴비에 약 2%를 첨가, 교반처리를 함으로써 조기 완숙에 의한 유효성분 유실 방지와 토양균의 포장에 환원에도 노력하고 있다. 또한 생산 되는 액비는 악취가 전혀 없으므로 주택 주변에서의 사용도 촉진 되어지며, 퇴비의 운반과 살포 작업은 운송업자에

위탁함으로써 작업 효율 향상과 농가 노동 부담 경감, 축산 환경 개선 등으로 이어지며, 발작물에 유기물이 사용되어져 흙 만들기가 실천 되는 등 지역 독자의 경축 연계형 흙 만들기 시스템이 구축된 사례이다.

JA 히가시모코토 퇴비 액비 센터의 퇴비, 액비 제조는 옥외 작업으로, 시설 가동 기간은 5월~11월까지로 7개월간이므로 2002년에는 지붕이 있는 퇴비사의 건설로 우천시의 퇴비수분 조정 개선에 노력 하고 있다¹⁷⁾.

가축분뇨의 적정 처리를 도모하기 위해서는 폐기물의 발생원인 축산 농가의 처리이용 뿐 만이 아닌 발작물 농가의 퇴비 이용을 촉진 하는 시스템 구축이 필요하다. 지역 내 순환을 기본으로 하는 자원이 활용 시스템을 구축하기 위해서는 퇴비 운반 작업 등 농 작업에서 타 산업노동력의 활용, 농가간의 연계, 협동에 의한 농업 생산 구조 재편 등 지역 활성화를 향한 새로운 전개 방향을 검토하는 것이 중요하다^{18~21)}.

4. 결론

바이오매스의 이용계획 수립을 위해서는 바이오매스 발생량분석, 발생 원료의 성상특성, 적합한 바이오매스 처리기술의 조합, 생산된 자원(퇴, 액비, 메탄에너지)의 고부가가치화, 최종처리물의 친환경적 농지환원 기술 및 계획 수립, 전 공정의 경제성 평가 및 정책적지원 등의 사항이 요구되어진다. 또한 구체적인 자원화 공정기술의 도입에 있어서도 지자체와 민간의 종합적

[Table 10] JA Higasi Mokoto-Mura Livestock Manure Composting Center

| 항 목 | 내 용 | |
|--------|---|---|
| 연간처리량 | 퇴비센터(원료) 12,000톤/년→(제품) 8000톤/년 액비센터(원료) 3,000톤/년→(제품)3,000톤/년 | |
| 총사업비 | 퇴비반 31,126천 엔, 액비화 시설70,000천 엔 퇴비교반기, 뒤집기 71,240천 엔 계: 172,366천 엔 | |
| 연간처리경비 | 지 출 | 수 입 |
| | 인건비 5,670천 엔 원재료, 부자재비 20,213천 엔 광열, 수도비 3,514천 엔 잡비 7,803천 엔 경비 합계 37,200천 엔 | 퇴비제품판매 18,400천 엔 액비제품판매 1,500천 엔 뇨 인수대금 1,000천 엔 판매 등 수입 20,900천 엔 |

인 의사결정 구조 속에서 판단되어져야 함을 북해도의 각 운영 사례는 시사하고 있다.

세계적으로 바이오매스의 가스화기술은 주로 메탄 가스의 생산을 통해 운영되고 있는 분야이다. 북해도지역에서의 바이오가스화 사례를 통해 가스 생산시설의 설치비, 생산된 전기의 매전가격 여부, 발효 후 소화액의 적정처리 어려움 등이 주로 지적되고 있으며 이는 기술뿐만 아니라 정책적인 면, 환원농지의 확보와 같은 우리나라가 현재 안고 있는 구조적인 문제점도 포함하고 있다. 특히 비교적 농지환원면적이 적은 국내에서는 효율적인 소화액의 이용 문제가 해결되지 않고서는 바이오매스의 종합적 이용이 효과적으로 수행되기 어렵다는 점을 시사하고 있는 것이다.

현재 우리나라에서 가장 널리 이용하고 있는 바이오매스의 이용방법은 퇴비화와 액비화 방법이며 주로 가축분뇨의 자원화 처리 분야에서 채택되고 있다. 향후 원활한 유기자원의 순환적 이용을 위해서는 국내실정에 맞는 기술의 개발은 물론이고 생산된 유기자원의 부가가치를 높이고 사용자 측에서의 수요수준에 적합한 품질의 개량 등 생산단계에서 공급처의 확보까지 좀 더 선진적 기법이 도입될 필요가 있음을 북해도 사례를 통해 알 수 있다.

특히 생산된 퇴·액비의 신뢰성을 제고하기 위해서는 최종생산물의 성분검사, 작물에 대한 영향 등 퇴·액비의 인증제도 도입과 수요자의 선호도를 고려한 기능성, 맞춤형 퇴·액비로의 차별화와 적극적인 홍보가 필요하다.

사사

본 연구는 2006년도 상지대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 강창용, "EU 2005년도 바이오매스 실행계획", 세계농업뉴스, 제70호(2006).
2. 강창용, "EU 바이오에너지 생산확대", 세계농업뉴스, 제70호(2006).
3. 강창용, 박현태, 신용광, 민경택, "선진국 바이오매스정책", 농촌경제연구소(2006).
4. 김정섭, "EU바이오 연료 전략 채택", 세계농업뉴스, 제69호(2006).
5. 박기환, "일본 바이오매스 종합전략 목표수립", 세계농업뉴스, 제69호(2006).
6. 바이오매스 일본종합전략(2002).
7. 2003년도 북해도특정개발사업 추진조사, "유기성 폐기물 광역종합처리 기반정비 추진조사보고서"(2003).
8. 독립행정법인 신에너지산업기술종합개발기구 북해도지부, "북해도 에너지 맵"(2004).
9. 일본자연에너지(주) 조사, "바이오매스 발전 및 자연잉여전력구입메뉴"(2004).
10. 古市 徹, "순환사회에 있어서 바이오매스로서 유기 폐기물의 이활용" 북해도 바이오매스 심포지엄, (사)일본유기자원협회(2003).
11. 삿포로시 환경국청소사업부, "2003년도 청소사업 개요"(2003).
12. 삿포로시 하수도국시설부, "2003년도 유지관리년보"(2001).
13. 삿포로시 환경국조사, "나무의 전정가지 발생량"(2003).
14. NEDO(신에너지산업기술종합개발기구), "바이오매스에너지 가이드북"(2003).
15. 주식회사 예뉴, 티에스, "가축배설물 처리 리사이클과 에너지 이용"(2004).
16. JA 히가시모코토, "히가시모코토 바이오매스타운구상"(2003).
17. 북해도립 중앙농업시험장, "하천수의 질소오염경감을 위한 농지내 질소수지개선편"(2004).
18. 북해도립 네구로 농업시험장, "개별형 바이오가스 플랜트에 의한 유우분뇨처리. 이용시스템의 제시", 2000년 연구성과보고서(2001).
19. 松田從三, "유럽 각국의 가축분뇨처리", 북해도가축학회보, 43(3), pp. 11~17(2001).
20. 松田從三, 前田善夫, "유기자원 특히 가축분뇨 리"

사이클기술”, 일본농업토목학회, 70(4), pp. 289~292(2001).

21. 북해도 농정국, “북해도녹비작물 등 재이용지침” (2004). 